

GEOLOGI DAN POROSITAS SATUAN BATUPASIR KARBONATAN HALANG SEBAGAI AKUIFER DAERAH KARANGMOJO DAN SEKITARNYA KECAMATAN KARANGGAYAM, KABUPATEN KEBUMEN, PROVINSI JAWA TENGAH

Eko Galeh Wahyu Prayetno², Obrin Trianda², Al Hussein Flowers R.³

^{1,2,3}Jl. Babarsari, Depok, Sleman, Yogyakarta 55281, Telp. (0274)487249

^{1,2,3}Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknik Dan Perencanaan,

Institut Teknologi Nasional Yogyakarta

email : 410017131@students.itny.ac.id

ABSTRAK

Daerah penelitian yang terletak di Desa Karangmojo dan sekitarnya, Kecamatan Karanggayam, Kabupaten Kebumen, Provinsi Jawa Tengah. Daerah penelitian yang secara fisiografi termasuk kedalam zona pegunungan serayu selatan (van Bemmelen, 1949). Secara stratigrafi daerah penelitian terbagi menjadi enam satuan antara lain yaitu satuan Rijang, satuan batuan batulempung karbonatan Karangsambung, satuan batuan breksi polemik Totogan, satuan batuan breksi andesit Waturanda, satuan batuan batupasir karbonatan Penosogan dan satuan batuan batupasir karbonatan Halang. Umur batuan tertua sampai termuda pada kala Paleosen sampai Miosen Akhir. Daerah penelitian terbagi dalam tiga satuan geomorfologi yaitu satuan perbukitan dan lereng landai-curam menengah denudasional (D1), satuan pegunungan dan perbukitan denudasional (D2) dan satuan perbukitan antiklin dan sinklin structural (S9). Daerah penelitian memiliki potensi batupasir sebagai batuan yang dapat menyimpan dan mengalirkan air (akuifer), sehingga dapat dimanfaatkan masyarakat setempat untuk penunjang kebutuhan air bawah permukaan.

Kata kunci : Geologi, Stratigrafi, Geomorfologi, Akuifer.

ABSTRACT

The research area is located in Karangmojo Village and its surroundings, Karanggayam District, Kebumen Regency, Central Java Province. The research area is physiographically included in the southern Serayu mountain zone (van Bemmelen, 1949). Stratigraphically, the research area is divided into six units, namely the Chert unit, the Karangsambung carbonate mudstone rock unit, the Totogan polemic breccia rock unit, the Waturanda andesite breccia rock unit, the Penosogan carbonate sandstone rock unit and the Halang carbonate sandstone rock unit. The ages of the oldest to youngest rocks are Paleocene to Late Miocene. The research area is divided into three geomorphological units, namely the denudational hills and medium-steep slopes unit (D1), the denudational mountains and hillsides unit (D2) and the structural anticline and syncline hills unit (S9). The research area has the potential for sandstone as a rock that can store and channel water (aquifer), so that it can be used by local communities to support subsurface water needs.

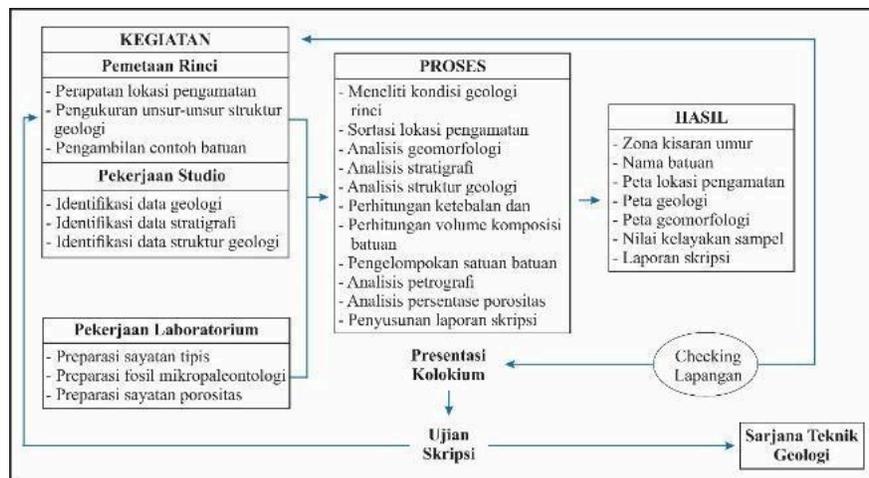
Keywords: *Geology, Stratigraphy, Geomorphology, Aquifer.*

1. PENDAHULUAN

Daerah penelitian terletak di Desa Karangmojo dan sekitarnya, Kecamatan Karanggayam, Kabupaten Kebumen, Provinsi Jawa Tengah. Secara fisiografi termasuk kedalam Zona Pegunungan Serayu selatan (Van Bemmelen, 1949) yang telah dipetakan oleh Asikin, dkk (1992). Secara detail daerah ini belum pernah dilakukan penelitian geologi sehingga menarik untuk penulis meneliti lebih lanjut mengenai “Geologi dan porositas satuan batupasir karbonatan Halang sebagai akuifer Daerah Karangmojo dan sekitarnya Kecamatan Karanggayam, Kabupaten Kebumen, Provinsi Jawa Tengah”. Sumberdaya pada daerah penelitian sendiri sangatlah beragam salah satunya batupasir merupakan bagian dari batuan sedimen klastik yang memiliki porositas cukup baik. Porositas sendiri merupakan variabel utama dalam penentuan besaran cadangan fluida pada suatu massa batuan. Menurut Todd (1959) batupasir memiliki nilai porositas 30-40% umumnya berperan sebagai reservoir atau akuifer. Ukuran porositas pada batupasir ditentukan oleh butir serta distribusinya, derajat pemilahan (sortation), bentuk butir, kebundaran (roundness), susunan antar butir, kompaksi dan sementasi. Berdasarkan hal tersebut penyusun melatar belakangi penelitian terhadap porositas batupasir Formasi Halang untuk mengetahui nilai persentase dari porositas batupasir menggunakan sayatan petrografi dengan cairan Blue Dye. Harapan penelitian ini mampu memberikan informasi yang berguna bagi kemajuan pengembangan daerah sekitar sebagai data acuan awal untuk pengairan.

2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan geologi di daerah penelitian metode pemetaan geologi permukaan (*geological surface mapping*). Metode ini mempunyai sistem yang meliputi pengamatan, pemerian, pengukuran data geologi yang tersingkap di permukaan bumi, baik berupa data singkapan batuan, morfologi, struktur geologi, potensi sumber daya geologi dan potensi bencana geologi. Masing-masing tahap penelitian tersebut dijelaskan sebagai berikut:



Gambar 1. Diagram skema alur penelitian

2.1 Pemerian dan Pengukuran Aspek Geologi

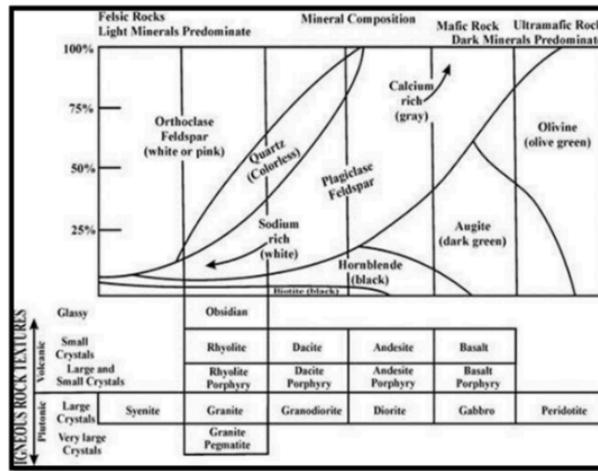
GEOLOGI DAN POROSITAS SATUAN BATUPASIR KARBONATAN HALANG SEBAGAI AKUIFER DAERAH KARANGMOJO DAN SEKITARNYA KECAMATAN KARANGGAYAM, KABUPATEN KEBUMEN, PROVINSI JAWA TENGAH

Eko Galeh Wahyu Prayetno, Obrin Trianda, Al Hussein Flowers R.

Pemerian aspek geologi meliputi ciri fisik batuan dan kaitannya dengan morfologi, stratigrafi, struktur geologi, sejarah geologi serta geologi lingkungan, potensi sumber daya geologi serta arah gerakan tanah dan luas wilayah dampak gerakan tanah tersebut. Pemerian batuan di lapangan yang dilakukan menyesuaikan seperti penarikan penamaan yang sesuai dengan kriteria ciri-ciri megaskopis batuan yang ada di lapangan. Deskripsi litologi secara megaskopis mengacu pada 2 klasifikasi yang berbeda yakni

- a. klasifikasi (O'Dunn & Sill, 1986) Klasifikasi tersebut membagi batuan beku berdasarkan jenis Batuan Beku Plutonik dan Vulkanik menurut persentase kandungan mineral mafik dan felsik serta persentase dari mineral tersebut. (Tabel 1)

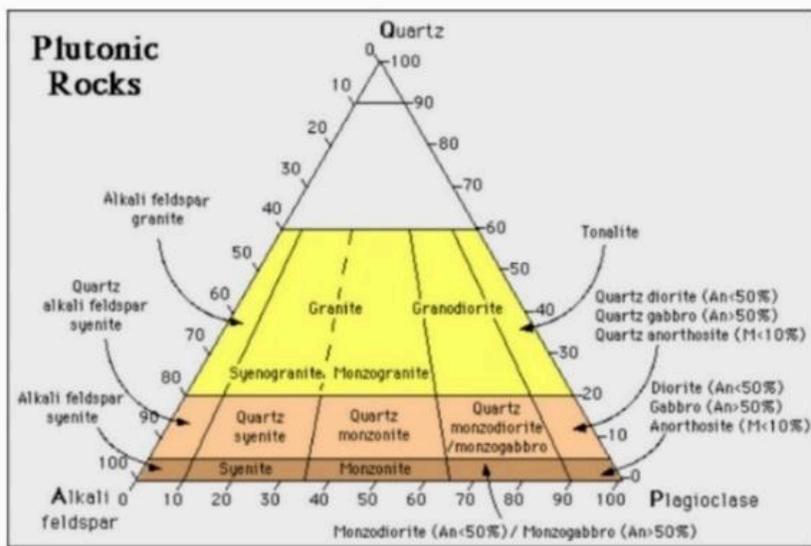
Tabel 1. Klasifikasi penamaan batuan beku berdasarkan tekstur dan komposisi mineral penyusun batuan. (O'Dunn & Sill, 1986)



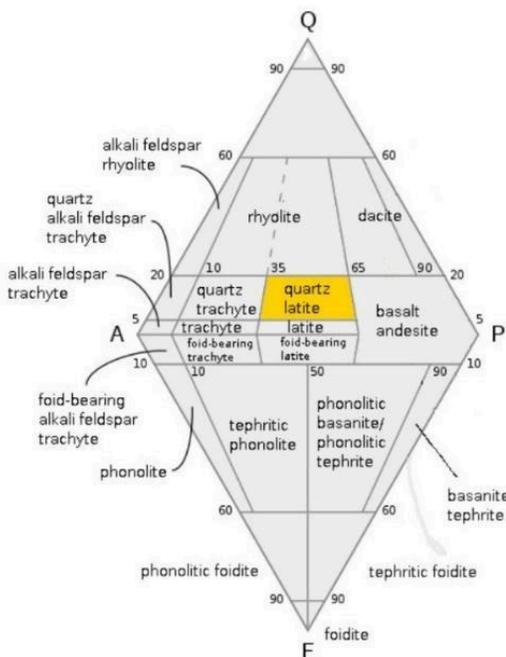
- b. klasifikasi (Wentworth, 1922), klasifikasi ini didasarkan atas perbedaan ukuran butir dalam suatu batuan sedimen. (Tabel 2)

Tabel 2. Klasifikasi penamaan batuan sedimen klastik berdasarkan ukuran butir. (Wentworth, 1922)

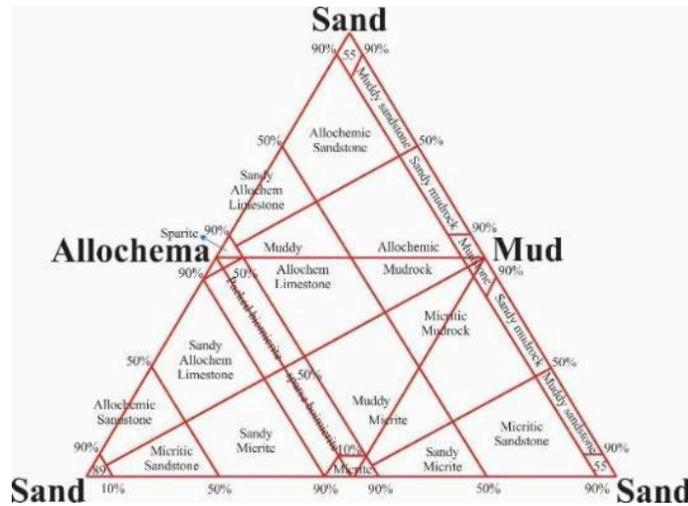
| Millimeters (mm) | Micrometers (µm) | Phi (φ) | Wentworth size class | Rock type |
|------------------|------------------|---------|----------------------|--------------------------|
| 4096 | | -12.0 | Boulder | Conglomerate/ Breccia |
| 256 | | -8.0 | Cobble | |
| 64 | | -6.0 | Pebble | |
| 4 | | -2.0 | Granule | |
| 2.00 | | -1.0 | Very coarse sand | |
| 1.00 | | 0.0 | Coarse sand | Sandstone |
| 1/2 | 500 | 1.0 | Medium sand | |
| 1/4 | 250 | 2.0 | Fine sand | |
| 1/8 | 125 | 3.0 | Very fine sand | |
| 1/16 | 63 | 4.0 | Coarse silt | |
| 1/32 | 31 | 5.0 | Medium silt | |
| 1/64 | 15.6 | 6.0 | Fine silt | |
| 1/128 | 7.8 | 7.0 | Very fine silt | Claystone |
| 1/256 | 3.9 | 8.0 | Clay | |
| 0.00006 | 0.06 | 14.0 | Clay | |



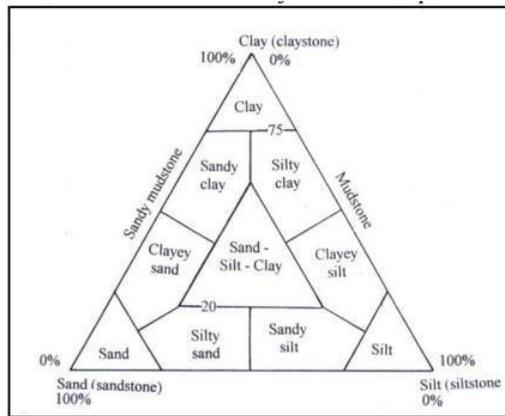
Gambar 3. Klasifikasi batuan beku berdasarkan kandungan mineral kuarsa, plagioklas dan alkali feldspar dalam suatu tubuh batuan. (Steckeisen, 1976)



Gambar 4. Klasifikasi QAPF untuk batuan vulkanik berdasarkan kandungan Q = kuarsa, A = Alkali feldspar, Plagioklas dan F = Felsdpatoid. (Streckeisen, 1978)



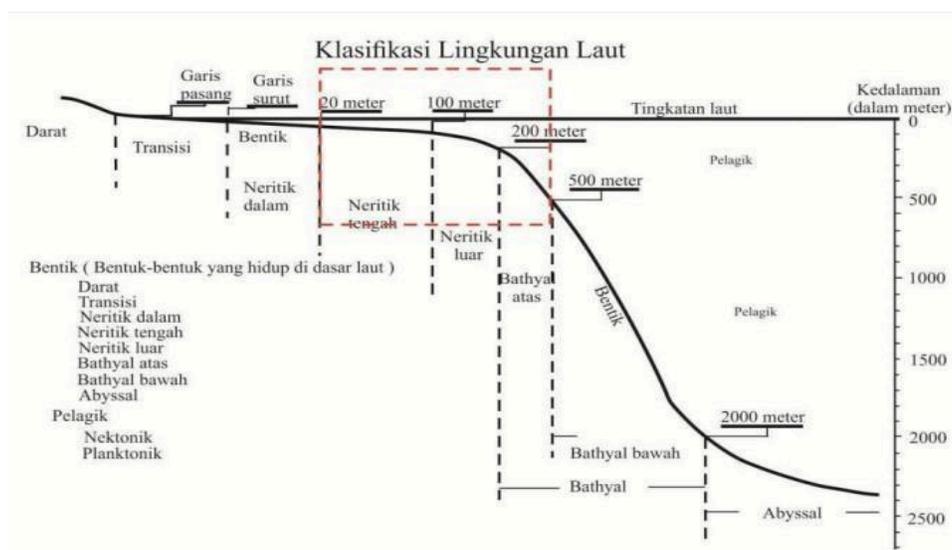
Gambar 5. Klasifikasi ini membagi batuan sedimen karbonat berdasarkan komposisi sand, allochems, mud dan micrite dalam suatu tubuh batuan. (Mount, 1985)



Gambar 6. Klasifikasi batuan sedimen berdasarkan komposisi clay, sand dan silit dalam suatu tubuh batuan menurut. (Shepard, 1954)

2.1.2 Pengamatan Mikropaleontologi

Pekerjaan ini dilakukan untuk penentuan umur dengan menggunakan zonasi fosil indeks menurut Blow (1969) dan penentuan lingkungan pengendapan menggunakan klasifikasi menurut Tipsword (1966) (Gambar. 7). Penentuan sampel batuan untuk dilakukan analisis perlu memperhatikan zona bagian bawah, zona bagian tengah dan zona bagian atas dari setiap satuan batuan, dalam penentuan setiap zona dapat didasarkan arah kemiringan batuan sehingga dalam pengambilan sampel batuan harus mengikuti arah kemiringan batuan (dip) hingga di batas atau diujung sebaran batuan tersebut.



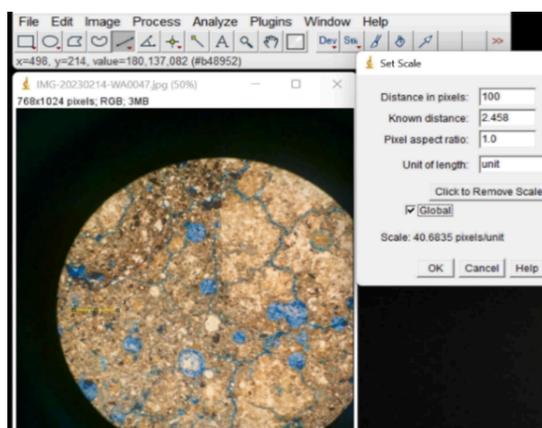
Gambar 7. Lingkungan pengendapan. (Tipsword, 1966)

2.2. Pekerjaan Software ImageJ

Pekerjaan ini merupakan tahapan yang dilakukan dengan menganalisis gambar mikroskop, pengukuran area, perhitungan partikel, segmentasi dan pengukuran fitur spasial dan temporal dari elemen biologis.

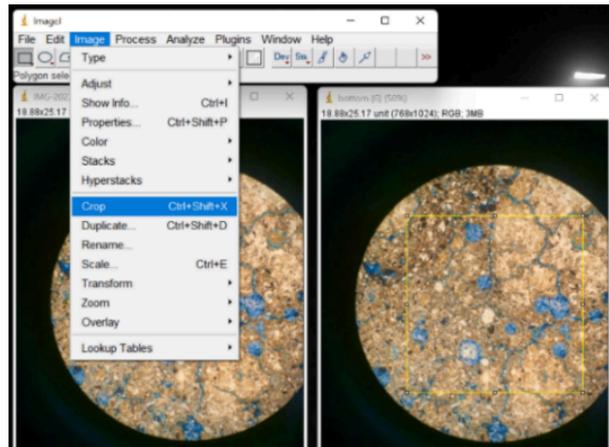
Dalam perhitungan porositas menggunakan perangkat lunak ImageJ, terdapat beberapa langkah yang perlu dilakukan yaitu:

Mengatur skala pengukuran yang digunakan dalam perangkat lunak ImageJ, dimana perangkat lunak ImageJ yang menggunakan skala dasar berupa pixel perlu diubah menjadi skala mm yang disesuaikan dengan kebutuhan (Langkah : Buat garis lurus pada gambar > *Analyze* > *Set scale*). (Gambar 8)



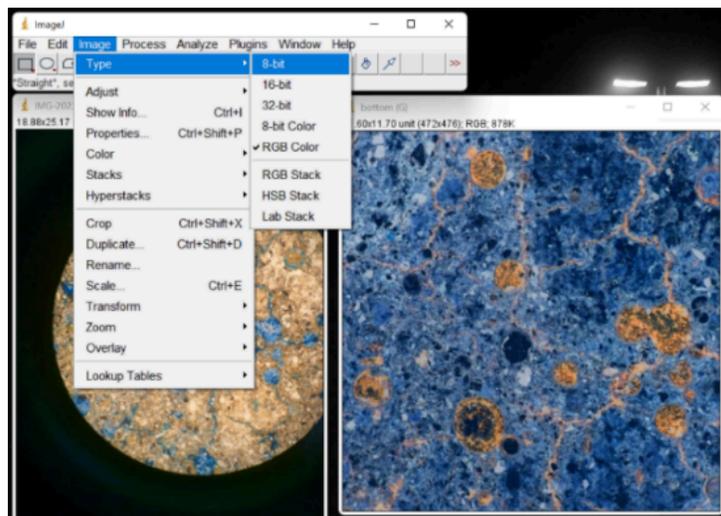
Gambar 8. Tahap mengubah skala dari pixel menjadi mm pada menu (*set scale*)

(Langkah memotong gambar : *Image* > *Crop* > *Edit* > *Invert*). (Gambar 9)



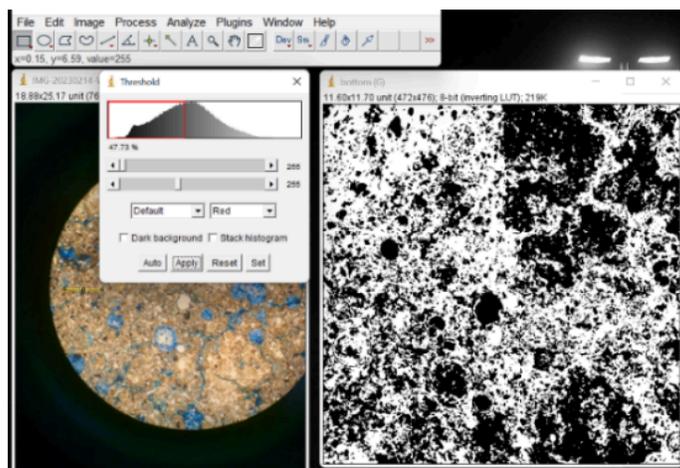
Gambar 9. Tahap memotong gambar untuk mengubah gambar menjadi persegi

Kemudian langkah selanjutnya mengatur tipe gambar menjadi 8-bit. (Langkah : *Image > type > 8-bit*). (Gambar 10)



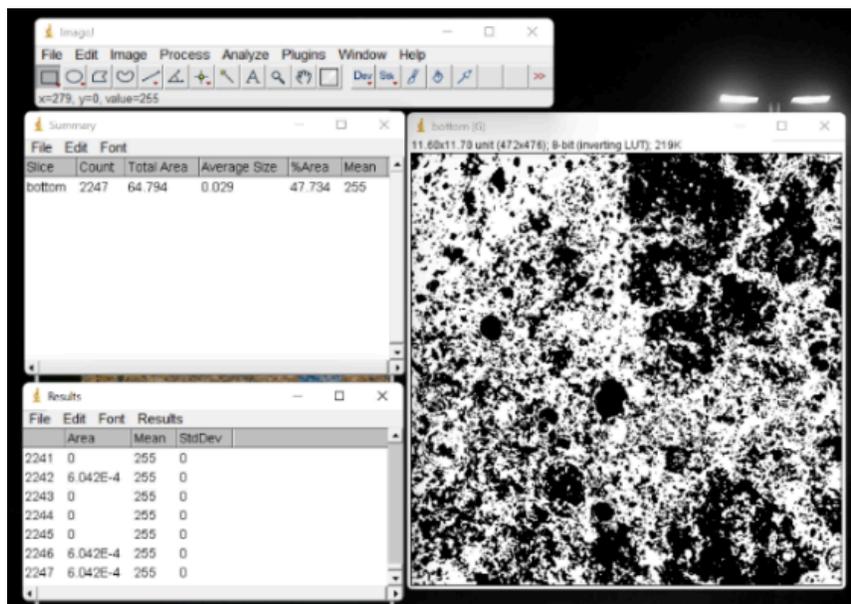
Gambar 10. Tahap mengubah gambar menjadi menjadi 8-bit untuk melihat rongga yang terisi cairan blue day

Mengatur kontras warna gambar sayatan untuk membedakan kecerahan antara pori-pori yang terisi cairan Blue Dye dengan yang bukan pori-pori. (Langkah: *Image > Adjust > Threshold > Apply*). (Gambar 11)



Gambar 11. Gambar berubah menjadi hitam-putih pada tahap ini area yang terisi cairan blue day ditandai berwarna putih

Perhitungan persen area dimana hasil akhir dari perhitungan ini merupakan nilai dari porositas sampel batuan tersebut. (Langkah: *Analyze > Set Measurements* ; *Analyze > Analyze Particles*). (Gambar 12)



Gambar 12. Hasil akhir perhitungan rongga *Analyze Partikel*

2.3 Peralatan yang digunakan

Peralatan yang akan digunakan pada penelitian ini meliputi peralatan untuk penelitian lapangan, laboratorium dan studio. Peralatan yang digunakan untuk mendukung kelancaran dalam pekerjaan di lapangan meliputi:

1. Peta Rupa Bumi Indonesia (BAKOSURTANAL) Lembar Gembong 1408-133

2. Peta topografi skala 1:25.000 X: 346800–340800 E, Y: 9168000–9159000 S
3. Peta Geologi Regional lembar Kebumen dengan skala 1: 100.000
4. Peta rencana lintasan
5. Sayatan tipis porositas menggunakan cairan *blue day*
6. Kompas geologi, Global Positioning System (GPS), Aplikasi Avenza Maps, palu geologi, kaca pembesar (loupe), larutan asam klorida (HCl), pita ukur (rollmeter), kamera (Handphone), plastik sampel batuan, alat tulis, buku lapangan, peralatan keamanan lapangan (jas hujan, topi dan sarung tangan).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis petrografi dan perhitungan nilai porositas menggunakan ImageJ

Berdasarkan analisis petrografi dan perhitungan nilai porositas menggunakan software Image-J terhadap batupasir diketahui penyebaran pori-pori porositas asalnya dalam ketiga tubuh sampel porositas batupasir menggunakan cairan *blue dye*, maka didapatkan hasil analisis. (Tabel 5.1) dan (Tabel 5.2)

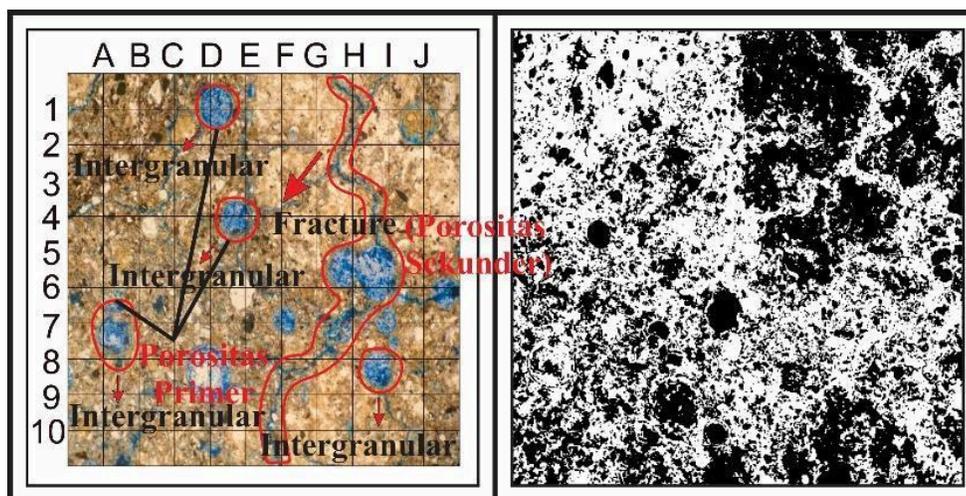
Tabel 4. Parameter penyusun dalam penentuan porositas

| NO | ID SAMPEL | Ukuran Butir (mm) | Derajat Pembundaran | Derajat Pemilahan | Kemas |
|----|---------------|-------------------|---------------------|-------------------|----------|
| 1 | <i>Top</i> | 0,003-0,04 | Subrounded | Sedang | Tertutup |
| 2 | <i>Middle</i> | 0,001-0,05 | Subrounded | Sedang | Tertutup |
| 3 | <i>Bottom</i> | 0,001-0,02 | Rounded | Baik | Tertutup |

Tabel 5. Hasil perhitungan nilai porositas

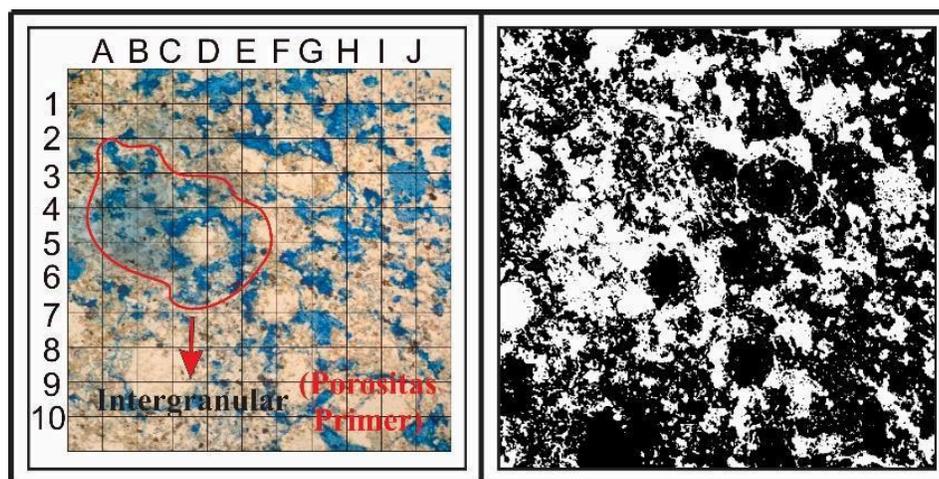
| Slice | Count | Total Area | Average Size | Persen Area | Mean |
|--------|-------|------------|--------------|-------------|------|
| Top | 2812 | 65,19 | 0,02 | 39,75 | 255 |
| Middle | 2247 | 64,80 | 0,03 | 47,73 | 255 |
| Bottom | 808 | 75,49 | 0,09 | 58,84 | 255 |

- a) Pada sampel *bottom* (LP 4) sayatan petrografi batupasir kenampakan penyebaran pori-pori dipengaruhi oleh porositas primer intergranular/ interpartikel dan porositas sekunder rekahan (*fracture*) dengan nilai persen area atau nilai porositas sebesar 58,84% . (Gambar 13)



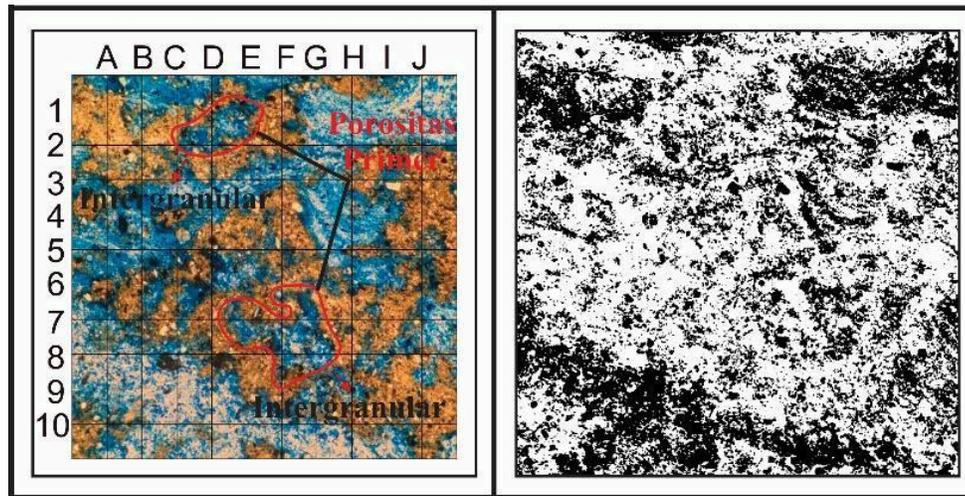
Gambar 13. Hasil analisis petrografi dan perhitungan porositas sampel *bottom* (LP 4)

- b) Pada sampel *middle* (LP 5) sayatan petrografi batupasir kenampakan penyebaran pori-pori dipengaruhi oleh porositas primer intergranular/interpartikel dengan nilai persen area atau nilai porositas sebesar 47,73%. (Gambar 14)



Gambar 14. Porositas primer intergranular/interpartikel dengan nilai persen area atau nilai porositas sebesar 47,73%

- c) Pada sampel *top* (LP 7) sayatan petrografi batupasir kenampakan penyebaran pori-pori dipengaruhi oleh porositas primer intergranular/interpartikel dengan nilai persen area atau nilai porositas sebesar 39,75%. (Gambar 3.3)



Gambar 15. Hasil analisis petrografi dan perhitungan porositas sampel *top* (LP 7)

3.2 Pembahasan

Hasil perhitungan nilai porositas batupasir secara kuantitatif pada ketiga sampel sayatan petrografi menunjukkan adanya kenaikan nilai persentase porositas secara progresif yang dipengaruhi oleh salah satu parameter empiris batupasir yaitu ukuran butir, derajat pembundaran, sortasi dan kemas. Hasil analisis menunjukkan pada sampel *top* memiliki nilai ukuran butir sebesar 0,003-0,004 dengan nilai persen area porositas keseluruhan 39,75 terdiri dari porositas primer (intergranular), pada sampel *middle* memiliki nilai ukuran butir sebesar 0,001-0,05 dengan nilai persen area porositas keseluruhan sebesar 47,73 terdiri dari porositas primer (intergranular) dan sampel *bottom* memiliki nilai ukuran butir 0,001-0,02 dengan nilai persen area porositas keseluruhan 58,84 terdiri dari porositas primer (intergranular) dan sekunder (fracture). Hasil analisis ukuran butir menggunakan metode skala wentworth, sampel batupasir dianalisis langsung dilapangan (*in situ*). Pemilahan (*sorting*) adalah cara penyebaran berbagai macam besar butir. Dengan demikian rongga yang terdapat diantara butiran besar akan diisi butiran yang lebih kecil lagi sehingga porositasnya berkurang (Koesomadinata, 1978). Hal ini yang menyebabkan apabila nilai ukuran butir naik maka nilai porositasnya akan menurun. Serta diperkuat oleh Beard and Weyl (1973) menyatakan bahwa porositas sangat kecil dipengaruhi oleh perubahan dalam ukuran butir dengan sortasi yang sama tetapi porositas bervariasi terhadap sortasi. Pernyataan tersebut didukung pula oleh Scherer (1987) yang mengatakan bahwa porositas berkurang secara progresif dari pasir bersortasi sangat baik sampai pasir yang bersortasi sangat jelek pernyataan tersebut dapat diartikan bahwa batupasir yang memiliki sortasi sangat baik akan memiliki nilai porositas yang tinggi dan nilai porositas tersebut akan terus menurun pada batupasir yang memiliki sortasi sangat jelek.

Berdasarkan hasil dari nilai porositas yang telah didapatkan dari ketiga sampel sayatan tersebut maka nilai kualitas dari ketiga sampel tersebut terhadap porositas dikategorikan termasuk dalam kualitas baik, karena memiliki nilai porositas $> 20\%$.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pemetaan geologi permukaan rinci pada daerah penelitian meliputi aspek geomorfologi, stratigrafi, struktur geologi dan geologi lingkungan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

Berdasarkan perhitungan beda tinggi dan kelerengan (morfometri) Geomorfologi daerah penelitian terbagi atas 3 satuan yakni Satuan perbukitan dan lereng landai-curam menengah Denudasional (D1). Satuan pegunungan dan perbukitan Denudasional (D3) dan Satuan perbukitan antiklin dan sinklin Struktural (S9). Stratigrafi daerah penelitian terbagi atas 6 satuan yang terdiri dari tua ke muda yaitu satuan batuan rijang, satuan batuan batulempung karbonatan Karangsambung, satuan batuan breksi polimik Totogan, satuan batuan breksi andesit Waturanda, satuan batuan batupasir karbonatan Penosogan dan yang termuda satuan batuan batupasir karbonatan Halang. Struktur geologi daerah penelitian yang berkembang berupa lipatan antiklin dan sinklin hasil dari rekonstruksi strike/dip menghasilkan arah tegasan utama yakni Antiklin kaliguci berarah (selatan tenggara-barat laut) dan kalikayen berarah (selatan barat daya-utara). Sinklin Kalimrica memiliki arah tegasan utama yakni (utara-selatan tenggara). Serta dijumpai Sesar Kaligowok yang memiliki arah tegasan utama $N24^{\circ}E / 42^{\circ}$. Hasil dari analisis SRTM arah tegasan utamanya yaitu barat laut-tenggara. Revolusi sejarah geologi daerah penelitian dimulai pada kala Paleosen dengan diendapkannya satuan batuan tertua pada daerah penelitian yaitu satuan rijang dalam jangka waktu tertentu. Satuan ini mengalami fase tektonik yang mengakibatkan terjadinya pengangkatan dan terendapkan pada kala Eosen-Oligosen menghasilkan satuan batuan batulempung karbonatan Karangsambung. Kemudian pada kala Oligosen tengah-Miosen Awal terjadi lagi aktivitas vulkanisemen yang mengakibatkan terjadinya pelongsoran material vulkanik dari aktivitas magma terendapkan diatas satuan batuan breksi polimik Totogan menjadi batuan sedimen breksi yang menunjukkan perubahan dari batupasir kasar menjadi breksi andesit. Masuk kala miosen tengah terjadi proses pengendapan menghasilkan satuan batuan batupasir karbonatan Penosogan yang terangkat karena masih dipengaruhi oleh fase tektonik. Proses pengendapan terakhir terjadi pada kala miosen akhir terendapkan secara selaras menghasilkan satuan batuan batupasir karbonatan Halang.

Berdasarkan hasil dari analisis 3 sampel sayatan menggunakan cairan *blue dye* untuk mendapatkan nilai porositas secara kuantitatif, maka didapatkan nilai porositas sampel *top* 34,64%, sampel *middle* 38,89% dan sampel *bottom* 45,19%. Sedangkan unuk nilai kualitas dari ketiga sampel tersebut terhadap porositas dikategorikan termasuk dalam kualitas baik, karena memiliki nilai porositas $>20\%$. Secara umum bahwasanya batupasir pada daerah penelitian dapat berperan sebagai lapisan pembawa air tanah atau akuifer, baik dapat sebagai akuifer bebas, akuifer tertekan, akuifer bocor ataupun akuifer menggantung.

5. SARAN

Adapun saran yang dapat diberikan dari hasil penelitian geologi ini perlunya dilakukan penelitian lebih lanjut dan sifatnya lebih rinci. Serta secara sistematis terutama untuk mengetahui kondisi umur secara absolut. Kemudian beberapa potensi geologi lingkungan daerah penelitian berupa akuifer, yang dimana dalam mengetahui hasil porositas harus lebih banyak lagi menggunakan data sebagai acuannya sehingga nantinya dapat dikembangkan untuk warga sekitar sebagai cadangan air untuk kebutuhan warga sebagai terasering.

DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, E.M, 1951. *The Dynamics of Faulting*. Edinburgh: Oliver & Bo.
- Asikin, S., Handoyo, A., Busono, H., & Gafoer, S. (1992). *Peta Geologi Lembar Kebumen, Jawa*, skala 1: 100.000. Puslitbang Geologi, Bandung.
- Asikin, S. (1974). Evolusi Geologi Jawa Tengah dan Sekitarnya ditinjau dari Segi Tektonik Dunia yang Baru. Laporan tidak dipublikasikan. Institut Teknologi Bandung
- Billings, M.P., 1972, *Structural Geology 3rd Edition*: Prentice Hall Inc, Englewood Cliffs, 606p.
- Blow, W.H., 1969. Late Middle Eocene to Recent Planktonic Foraminifera Biostratigraphy. *Conv Planktonic Micro Fossils*, Leid Nederland, E.J., Vol 1, Geneva.
- Boggs, S. Jr. 1987. *Principles of Sedimentology and Stratigraphy*. Merril Publishing Company : Ohio.
- Busk, H. G. 1929. *Earth Flexures; Their Geometry and Their Representation and analysis in Geological to the Problem of Oil Finding*. Cambridge: University Press.
- De Genevraye ,P., Samuel dan Luki. 1972. *Geology of the Kendeng Zone (Central and East Java)*. Indonesia: Indonesian Petroleum Association.
- Dunham, R. J. (1962). Classification of carbonate rocks according to depositional textures.
- Folk. 1968. *Petrology of Sedimentary Rocks*. Hempill's Drawer M. University Station, Austin, Texas, 170 p.
- Gok, Rengin. 2008. *Earthquake Focal Mechanism and Waveform Modeling*. USA: Lawrence Livermore National Laboratory
- Hamilton, R., 1979, *Tectonics of the Indonesian Region* : Geological Survey Proffesonal Papar 1078,345 p.
- Harlan, R., K. Kolm., E. Gutengag., 1989, *Water-Well Design and Construction*. University California.
- Hartono, Gendoet, 2010, "Peran Paleovolkanisme Dalam Tataan Produk Batuan Gunung Api Tersier Di Gunung Gajahmungkur, Wonogiri, Jawa Tengah" Program Pascasarjana, Universitas Padjadjaran Bandung.
- Howard, A. D., 1967, *Drainage Analysis in Geology Intreptation*. *Bulletin AAP.*, Vol. 51 No.11.
- Husein, S. dan Srijono, 2007, *Tinjauan Geomorfologi Pegunungan Selatan DIY/Jawa Tengah : Telaah Peran Faktor Endogenik dan Eksogenik dalam Proses Pembentukam Pegunungan*, Teknik Geologi FT UGM, Yogyakarta.
- Jenggot, DC, & Weyl, PK (1973). Pengaruh tekstur terhadap porositas dan permeabilitas pasir yang tidak terkonsolidasi. *Buletin AAPG* , 57 (2), 349-369.
- Leventhal, H., & Scherer, K. (1987). The relationship of emotion to cognition: A functional approach to a semantic controversy. *Cognition and emotion*, 1(1), 3-28.
- Lobeck, A. K., 1939, *Geomorphology; an Introduction to the Study of Landscape*, Mc. Graw-Jill Book Company, Inc., New York.
- Lunt, P., Netherwood, R., & Huffman, O. F. (1998). *Guide Book of IPA Field Trip to Cental Java*. Indonesian Petroleum Association, (hal. 65). Jakarta.
- Mount, J., 1985, *Mixed Siliciclastic and Carbonate: a proposed first – order textural and compositional classification*, *Sedimentology*.
- Nurwidyanto, M. I., Yustiana, M., & Widada, S. (2006). Pengaruh ukuran butir terhadap porositas dan permeabilitas pada batupasir. *Berkala Fisika*, 9(4), 191-195.
- O'Dunn, S., & Sill, W.D., 1986, *Exploring Geology, Introductory Laboratory Activities*, A Peek Publication.
- Pettijohn, F. J., 1975, *Sedimentary Rock, Third Edition*, Hoper and Row Publisher, New York.

- Prastitho, B., 1993, Panduan Praktikum Geologi Struktur, Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknik Mineral, UPN "VETERAN", Yogyakarta.
- Pulunggono, A. Dan Martodjojo, S., 1994, *Perubahan Tektonik Paleogen – Neogen Merupakan Peristiwa Tektonik Terpenting di Jawa, Kumpulan Makalah Seminar Geologi dan Geotektonik Pulau Jawa Sejak Akhir Mesozoik Hingga Kwartar*, Jurusan Teknik Geologi UGM, hal 1 – 9.
- Rickard, M.J. 1972. Fault Classification – Discussion. Geological Society of America Bulletin, v. 83, pp. 2545–2546.
- Sampoerno, 1979. Geologi teknik daerah Semarang. Prosiding Ikatan Ahli Geologi Indonesia.
- Scherer, M. 1987. Parameters influencing porosity in sandstones: a model for sandstone porosity prediction AAPG Bulletin 71 85–491.
- Sheppard, E.P. 1954. *Nomenclature based on sand silt clay ratios*. Jurnal of Sediment and Petrology.
- Streckeisen, A.L., 1976. *Classification and Nomenclature of Volcanic Rocks, Lamprophyres, Carbonatites and Melilitic Rocks, IUGS Subcommission On the Systematics of Igneous Rocks*. Geologischen Rundschau, 69, h.194 – 207.
- Streckeisen, A., 1978. IUGS Subcommission on the Systematics of Igneous Rocks. Classification and nomenclature of volcanic rocks, lamprophyres, carbonatites and melilitic rocks. Recommendations and suggestions. Neues Jahrbuch für Mineralogie. Stuttgart, Abhandlungen. Vol.134, p.1– 14.
- Thornbury, W. D., 1969, *Principles of Geomorphology, Second Edition*. John Wiley & Sons, Enschede.
- Tipword, H. L., Setzer, F. M., Smith F. M. Jr., (1966), Interpretation of depositional environment in gulf coast petroleum exploration from paleoecology and realated stratigraphy, Trans, gulf coast ass. Geol. Soc. Vol. XVI, 119-130.
- Todd, D.K. 1980. *Groundwater Hydrology. Second Edition*. New York: John Wiley & Sons, USA
- Todd, D.K., 1959. *Groundwater Hydrology*. New York: Associate Professor of Civil Engineering California University, John Wiley & Sons.
- Twiss, R. J. dan Moore, E. M., 1992, *Structural Geology*, W. H. Freeman & Co., New York.
- Van Bemmelen, R. W., 1949, *The Geology of Indonesia*, Vol 1A. General Geology, The Hague, Martinus Nijhoff, Netherlands.
- Van Zuidam, R. A., (1983) *Guide to Geomorphologic Aerial Photographic Interpretation and Mapping*. Section of Geology and Geomorphology ITC, Enschede, The Netherlands, 324 pp.
- Van Zuidam, R. A., dan van Zuidam-Cancelado, F. I., 1979, *Terrain Analysis And Classification Using Aerial Photographs, International Institute for Aerial Survey and Earth Science (ITC)*, 350, Boulevard 1945, 7511 AL Enschede, The Netherlands.
- Warmada I Wayan, 1999, *Porositas Batupasir dan Parameter Empiris yang Berpengaruh*, Lab. Bahan Galian, Jurusan Teknik Geologi, UGM.
- Wentworth, C.K. (1922): *A Scale of Grade and Class Terms for Clastic Sediments*, Journal of Geology, 30, 377–394.
- Zoback, Mark.D. (2007). *Reservoir Geomechanics*. Cambridge University Press.